

Lars Pedersen

# Kemi

Førstehjælp til formler

# 112



Afløbsrens

Blod

# **Kemi 112**

## **– Førstehjælp til formler**

2. udgave, 2. oplag 2010

© Nyt Teknisk Forlag 2007, 2008

Forlagsredaktion: Thomas Rump, tr@nyttf.dk

Omslag: Henrik Stig Møller

Illustrationer: Thomas Rump og Henrik Stig Møller

Dtp: Gitte Frederiksen

Tryk: Preses Nams Baltic

ISBN: 978-87-571-2666-2

Bestillingsnummer: 74006-1

Bogen er sat med Minon 10/12 og Myriad Roman

Mekanisk, fotografisk, elektronisk eller anden gengivelse af denne bog eller dele heraf er ikke tilladt ifølge gældende dansk lov om ophavsret. Alle rettigheder forbeholdes.

Nyt Teknisk Forlag  
Ingerslevsgade 44  
1705 København V  
info@nyttf.dk




**www.nyttf.dk**

# Forord

*Kemi 112 – Førstehjælp til formler* er udarbejdet til brug for kursister i faget kemi, ved de gymnasiale uddannelser STX, HTX og HF

Formelsamlingen er opbygget efter bekendtgørelsen i dette fag, og dækker således de emner man finder i pensum på gymnasiet niveau. Formelsamlingen dækker både C-, B- og A-niveau inden for kemi.

Formlerne er markeret med kolonner af forskellig farve.

-  Markerer formler, man normalt finder på C-niveau.
-  Markerer formler, man normalt først møder på B-niveau.
-  Markerer formler, man normalt først møder på A-niveau eller valgemner.

Alle C-niveauformler hører således også til B-niveauet og ligeledes hører C- og B-niveauformlerne således også til A-niveauet.

I nogle formler er det en forudsætning af man indsætter talværdien af størrelsen, og ikke enheden sammen med tallet. Dette er gjort for at forenkle formlernes udseende, idet det er underforstået at man skal dividere med den pågældende størrelses standardværdi. Det er i alle tilfælde angivet som en bemærkning, når man skal være påpasselig med dette.

Indekset sidst i bogen er opbygget med samme farvemarkering af tallene, og angiver dermed de enkelte opslags niveau.

En række af formlerne, kan kun anvendes under bestemte forudsætninger, fx hvis nævneren i en brøk ikke er nul, osv. Fysiske konstanter er afrundet i formlerne, mens de eksakte værdier findes bagest i appendix.

Der er, så vidt muligt, medtaget figurer som illustration til formlerne. Illustrationen angiver oftest kun én mulighed, hvor mange flere tilfælde normalt kan forekomme.

Der er rettet fejl i 2. udgave.

En speciel tak til mine klasser på Holstebro Gymnasium & HF samt Holstebro Tekniske Skole for deres mange og konstant kritiske spørgsmål.

Holstebro, august 2008

*Lars Pedersen*

# Indhold

## Atomer 1

Atomtabeller 4  
Spændingsrækken 4  
Oxidationstal 5

## Mængdeberegninger 6

Mængdeberegninger tabeller 27  
Egenskaber for grundstoffer 27  
Molale fryse- og kogepunktsændring 28

## Kemisk termodynamik 29

Gasser 31  
Energi 44  
Hovedsætninger 73  
Kemisk termodynamik tabeller 76  
Van der Waals gas 76  
Massefylde for gas 77  
Brændværdi 78  
Entalpi, entropi og energi 79

## Syre-base-teori 80

Syre-base tabeller 114  
Vands ionprodukt og styrkeeksponent 114  
Syre- og base styrkekonstanter og styrkeeksponenter 115

## Kemisk ligevægt 116

Kemisk ligevægt tabeller 124  
Opløselighedsprodukt 124  
Henrys konstant 125  
Kompleksitetskonstant 126

## Reaktionskinetik 127

Reaktion af nulte orden 131  
Reaktion af første orden 134  
Reaktion af anden orden 137  
Reaktionskinetik tabeller 141  
Aktiveringsenergi og hastighedskonstant 141

## Spektroskopi 142

Spektroskopitabeller 151  
Hydrogens spektrallinjer 151  
Ekstinktionskoefficient 152

## Elektrokemi 153

Konduktans 158  
Elektrodepotential 163  
Elektrokemitabeller 173  
Molar konduktivitet 173  
Molar konduktivitet ved uendelig fortynding 174  
Standard elektrodepotential 175

## Appendix 176

Præfikser 176  
Græske alfabet 177  
Fysiske konstanter 178

## Enheder 179

SI-enheder 179  
Afledte enheder 180  
Andre enheder 181

## Index

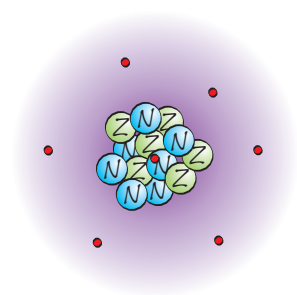
## Grundstoffernes periodesystem



# Atomer

1

## Nukleontal



$$A = Z + N$$

$A$ : Nukleontallet.  $A$  er enhedsløs

$$Z = A - N$$

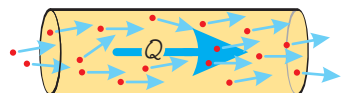
$Z$ : Antal protoner.  $Z$  er enhedsløs

$$N = A - Z$$

$N$ : Antal neutroner.  $N$  er enhedsløs

2

## Antal elektroner



$$n_e = \frac{Q}{e}$$

$n_e$ : Antal elektroner.  $n_e$  er enhedsløs

$$Q = n_e \cdot e$$

$Q$ : Ladningen.  $[Q] = \text{C}$  (Coulomb)

$$e = \frac{Q}{n_e}$$

$e$ : Elementarladningen.  $e \approx 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Bemærkning: Se **4** for spændingsrækken.

3

## Redoxreaktion

Ved redoxreaktioner er proceduren:

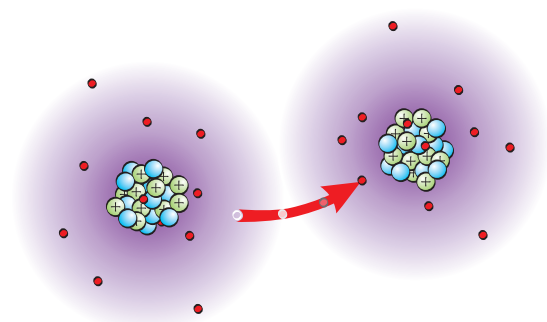
1. Opskriv reaktionen uden koefficienter.
2. Oxidationstallet for alle atomer bestemmes (se **5**) og oven på de atomer, der ændrer oxidationstal, skrives tallene på.
3. Koefficienterne i reaktionen bestemmes, således at den samlede stigning  $\uparrow$  bliver lig med det samlede fald  $\downarrow$ .

4. Ionladningerne på venstre og højre side tælles, ved at gange koefficienterne foran en ion med ionens ladning og lægge tallene sammen. Hvis det ikke passer, skal man enten tilføje oxoniumioner (surt miljø) eller hydroxidioner (basisk miljø) på venstre side.
5. Antallet af oxoniumioner på venstre og højre side tælles og afstemmes, ved at tilføje vandmolekyler på venstre og højre side.

## Atomtabeller

### 4

#### Spændingsrækken



I spændingsrækken er metallerne anbragt i rækkefølge efter deres evne til at afgive elektroner. Jo længere mod venstre metallet står, jo mere villigt er det til at afgive elektroner (mere elektronegativt).

K Ba Ca Na Mg Al Zn Fe Sn Pb H<sub>2</sub> Cu Hg Ag Pt Au

### 5

#### Oxidationstal

Oxidationstallet kan bestemmes ud fra følgende regler:

1. Frie atomers oxidationstal er 0.
2. Rene grundstofsammensætninger har oxidationstal 0.
3. Enatomige ioners oxidationstal er lig med ionens ladning.
4. Hydrogen har i kemiske forbindelser, hvor hydrogen er bundet til et mere elektronegativt grundstof (se 4), oxidationstal +1.
5. Hydrogen har i kemiske forbindelser, hvor hydrogen er bundet til et mindre elektronegativt grundstof (se 4), oxidationstal -1.
6. Når oxygen er bundet til mindre elektronegative grundstoffer, har oxygen oxidationstallet -2.
7. I peroxider er oxidationstallet for oxygen -1.
8. Summen af oxidationstallene er lig med formelenhedens ladning.
9. Ved polære bindinger, lader man som om, at elektronparrene er fuldstændigt overført til det mest elektronegative af atomerne (se 4), så det får ædelgasstruktur.

# Mængdeberegninger

6

## Stofmængde (definition)

$$n = \frac{m}{M}$$

$$m = M \cdot n$$

$$M = \frac{m}{n}$$

$n$ : Stofmængden.  $[n] = \text{mol}$

$m$ : Massen.  $[m] = \text{g (gram)}$

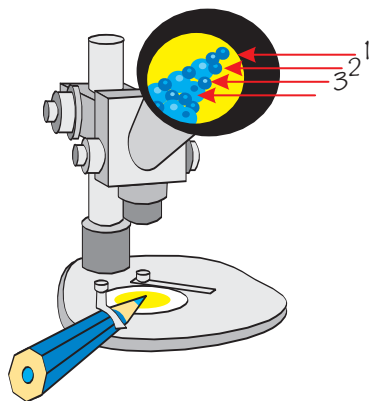
$M$ : Molmassen.  $[M] = \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

Bemærkning: Se 27 for tabelværdier for molmassen.

7

## Antal partikler

Antallet af partikler kan bestemmes vha.:



$$N = N_A \cdot n$$

$$N_A = \frac{N}{n}$$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$N$ : Antallet af partikler.  $N$  er enhedsløs

$N_A$ : Avagadros konstant.  $N_A \approx 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$n$ : Stofmængden.  $[n] = \text{mol}$

8

## Stofmængdelov

Stofmængdeloven giver at den totale stofmængde, kan findes som summen af de enkelte stofmængder:

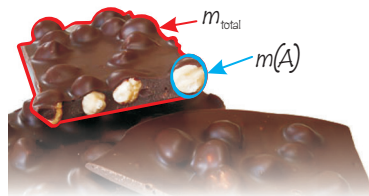
$$n_{\text{total}} = n(A_1) + n(A_2) + \dots + n(A_r) \quad n_{\text{total}}: \text{Total stofmængde. } [n_{\text{total}}] = \text{mol}$$

$n(A_i)$ : Stofmængden af stoffet  $A_i$ .  $[n(A_i)] = \text{mol}$

9

## Masseprocent (definition)

Masseprocenten defineres ved:



$$c_{\text{masse}\%} = \frac{m(A)}{m_{\text{total}}} \cdot 100\%$$

$$m(A) = \frac{c_{\text{masse}\%} \cdot m_{\text{total}}}{100\%}$$

$$m_{\text{total}} = \frac{m(A)}{c_{\text{masse}\%}} \cdot 100\%$$

$c_{\text{masse}\%}$ : Masseprocent koncentration.

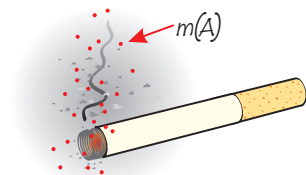
$[c_{\text{masse}\%}] = \%$  (procent)

$m(A)$ : Massen af stoffet A.  $[m(A)] = \text{kg}$

$m_{\text{total}}$ : Totale masse.  $[m_{\text{total}}] = \text{kg}$

10

## Masse-ppm (definition)



$$c_{\text{masse ppm}} = \frac{m(A)}{m_{\text{total}}} \cdot 10^6 \text{ ppm}$$

$$m(A) = \frac{c_{\text{masse ppm}} \cdot m_{\text{total}}}{10^6 \text{ ppm}}$$

$$m_{\text{total}} = \frac{m(A)}{c_{\text{masse ppm}}} \cdot 10^6 \text{ ppm}$$

$c_{\text{masse ppm}}$ : Masse-ppm koncentration.

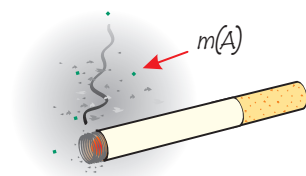
$[c_{\text{masse ppm}}] = \text{ppm}$  (parts per million, dele pr. million)

$m(A)$ : Massen af stoffet A.  $[m(A)] = \text{kg}$

$m_{\text{total}}$ : Totale masse.  $[m_{\text{total}}] = \text{kg}$

11

## Masse-ppb (definition)



$$c_{\text{masse ppb}} = \frac{m(A)}{m_{\text{total}}} \cdot 10^9 \text{ ppb}$$

$c_{\text{masse ppb}}$ : Masse-ppb koncentration.

$[c_{\text{masse ppb}}] = \text{ppb}$  (parts per billion, dele pr. milliard)

$$m(A) = \frac{c_{\text{masse ppb}} \cdot m_{\text{total}}}{10^9 \text{ ppb}}$$

$$m_{\text{total}} = \frac{m(A)}{c_{\text{masse ppb}}} \cdot 10^9 \text{ ppb}$$

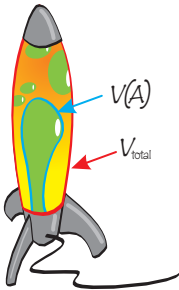
$m(A)$ : Massen af stoffet A. [ $m(A)$ ] = kg

$m_{\text{total}}$ : Totale masse. [ $m_{\text{total}}$ ] = kg

## 12

### Volumenprocent (definition)

Volumenprocenten defineres ved:



$$c_{\text{Vol}\%} = \frac{V(A)}{V_{\text{total}}} \cdot 100\%$$

$$V(A) = \frac{c_{\text{Vol}\%} \cdot V_{\text{total}}}{100\%}$$

$$V_{\text{total}} = \frac{V(A)}{c_{\text{Vol}\%}} \cdot 100\%$$

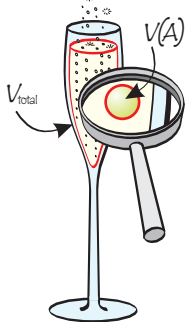
$c_{\text{Vol}\%}$ : Volumenprocent koncentration.  
[ $c_{\text{Vol}\%}$ ] = % (procent)

$V(A)$ : Volumen af stoffet A. [ $V(A)$ ] = L (liter)

$V_{\text{total}}$ : Totale volumen. [ $V_{\text{total}}$ ] = L (liter)

## 13

### Volumen-ppm (definition)



$$c_{\text{Vol ppm}} = \frac{V(A)}{V_{\text{total}}} \cdot 10^6 \text{ ppm}$$

$$V(A) = \frac{c_{\text{Vol ppm}} \cdot V_{\text{total}}}{10^6 \text{ ppm}}$$

$$V_{\text{total}} = \frac{V(A)}{c_{\text{Vol ppm}}} \cdot 10^6 \text{ ppm}$$

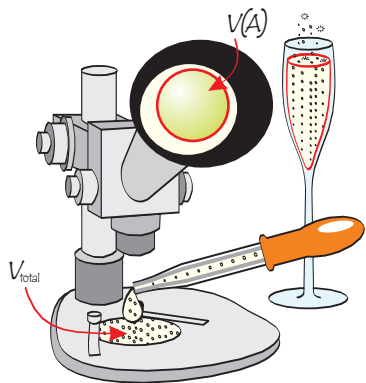
$c_{\text{Vol ppm}}$ : Volumen-ppm koncentration.  
[ $c_{\text{Vol ppm}}$ ] = ppm (parts per million, dele pr. million)

$V(A)$ : Volumen af stoffet A. [ $V(A)$ ] = L (liter)

$V_{\text{total}}$ : Totale volumen. [ $V_{\text{total}}$ ] = L (liter)

## 14

### Volumen-ppb (definition)



$$c_{\text{Vol ppb}} = \frac{V(A)}{V_{\text{total}}} \cdot 10^9 \text{ ppb}$$

$c_{\text{Vol ppb}}$ : Volumen-ppb koncentration.  
[ $c_{\text{Vol ppb}}$ ] = ppb (parts per billion, dele pr. milliard)

$$V(A) = \frac{c_{\text{Vol ppb}} \cdot V_{\text{total}}}{10^9 \text{ ppb}}$$

$V(A)$ : Volumen af stoffet A. [ $V(A)$ ] = L (liter)

$$V_{\text{total}} = \frac{V(A)}{c_{\text{Vol ppb}}} \cdot 10^9 \text{ ppb}$$

$V_{\text{total}}$ : Totale volumen. [ $V_{\text{total}}$ ] = L (liter)

## 15

### Molare volumen (definition)

Molar volumen defineres som:

$$V_m = \frac{V}{n}$$

$V_m$ : Molare volumen. [ $V_m$ ] =  $\frac{\text{L}}{\text{mol}}$

$$V = V_m \cdot n$$

$V$ : Volumen. [ $V$ ] = L (liter)

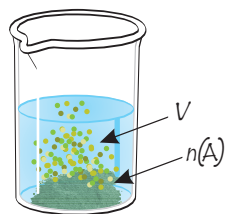
$$n = \frac{V}{V_m}$$

$n$ : Stofmængden. [ $n$ ] = mol

## 16

### Formel stofmængdekonzentration (definition)

Den formelle stofmængdekonzentration er defineret ved stofmængden af stoffet A i væsken med volumenet  $V$ :



$$c(A) = \frac{n(A)}{V}$$

$c(A)$ : Formel stofmængdekonzentration af stoffet A.  
[ $c(A)$ ] = M (molær)

$$n(A) = c(A) \cdot V$$

$$V = \frac{n(A)}{c(A)}$$

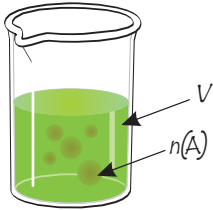
$n(A)$ : Stofmængden af stoffet A.  $[n(A)] = \text{mol}$

$V$ : Volumen.  $[V] = \text{L (liter)}$

## 17

### Aktuel stofmængdekonzentration (definition)

Den aktuelle stofmængdekonzentration er defineret ved stofmængden af stoffet A, der er opløst i væsken med volumenet  $V$ :



$$[A] = \frac{n(A)}{V}$$

$[A]$ : Aktuel stofmængdekonzentration.  
 $[A] = \text{M (molær)}$

$$n(A) = [A] \cdot V$$

$n(A)$ : Stofmængden af stoffet A.  $[n(A)] = \text{mol}$

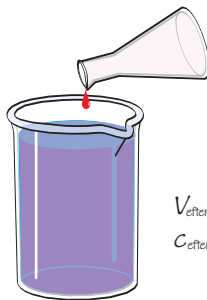
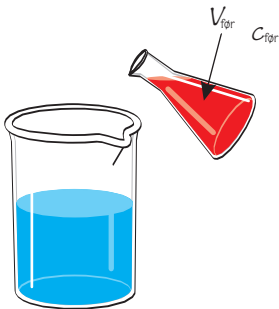
$$V = \frac{n(A)}{[A]}$$

$V$ : Volumen.  $[V] = \text{L (liter)}$

## 18

### Fortynding

Ved en fortyndelse af en opløsning, gælder:



$$c_{\text{efter}} = \frac{c_{\text{før}} \cdot V_{\text{før}}}{V_{\text{efter}}}$$

$c_{\text{efter}}$ : Formel stofmængdekonzentration efter fortyndingen.  
 $[c_{\text{efter}}] = \text{M (molær)}$

$$c_{\text{før}} = \frac{c_{\text{efter}} \cdot V_{\text{efter}}}{V_{\text{før}}}$$

$c_{\text{før}}$ : Formel stofmængdekonzentration inden fortyndingen.  
 $[c_{\text{før}}] = \text{M (molær)}$

$$V_{\text{før}} = \frac{c_{\text{efter}} \cdot V_{\text{efter}}}{c_{\text{før}}}$$

$V_{\text{før}}$ : Volumen inden fortyndingen.  $[V_{\text{før}}] = \text{L (liter)}$

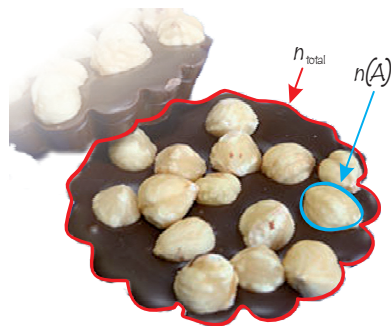
$$V_{\text{efter}} = \frac{c_{\text{før}} \cdot V_{\text{før}}}{c_{\text{efter}}}$$

$V_{\text{efter}}$ : Volumen efter fortyndingen.  $[V_{\text{efter}}] = \text{L (liter)}$

## 19

### Stofmængdebrøk (definition)

Stofmængdebrøken defineres som:



$$x(A) = \frac{n(A)}{n_{\text{total}}}$$

$x(A)$ : Stofmængdebrøken (molbrøken) for stoffet A.  
 $x(A)$  er enhedsløs

$$n(A) = n_{\text{total}} \cdot x(A)$$

$n(A)$ : Stofmængden af stoffet A.  $[n(A)] = \text{mol}$

$$n_{\text{total}} = \frac{n(A)}{x(A)}$$

$n_{\text{total}}$ : Totale stofmængde.  $[n_{\text{total}}] = \text{mol}$

## 20

### Stofmængdelov vha. stofmængdebrøker

Stofmængdeloven kan vha. stofmængdebrøkerne udtrykkes:

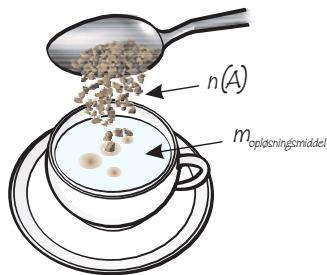
$$x(A_1) + x(A_2) + \dots + x(A_r) = 1 \quad x(A_i): \text{Stofmængdebrøken (molbrøken) for stoffet } A_i, \\ x(A_i) \text{ er enhedsløs}$$

Bemærkning: Se 8 for stofmængdeloven.

## 21

### Molal koncentration (definition)

Molal koncentration defineres som:



$$c_{\text{molal}}(A) = \frac{n(A)}{m_{\text{oplosningsmiddel}}}$$

$c_{\text{molal}}(A)$ : Molale koncentration (molalitet) af stoffet A.  
 $[c_{\text{molal}}(A)] = \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$



$$n(A) = c_{\text{molal}}(A) \cdot m_{\text{opløsningsmiddel}}$$

$n(A)$ : Stofmængden af stoffet A.  $[n(A)] = \text{mol}$

$$m_{\text{opløsningsmiddel}} = \frac{n(A)}{c_{\text{molal}}(A)}$$

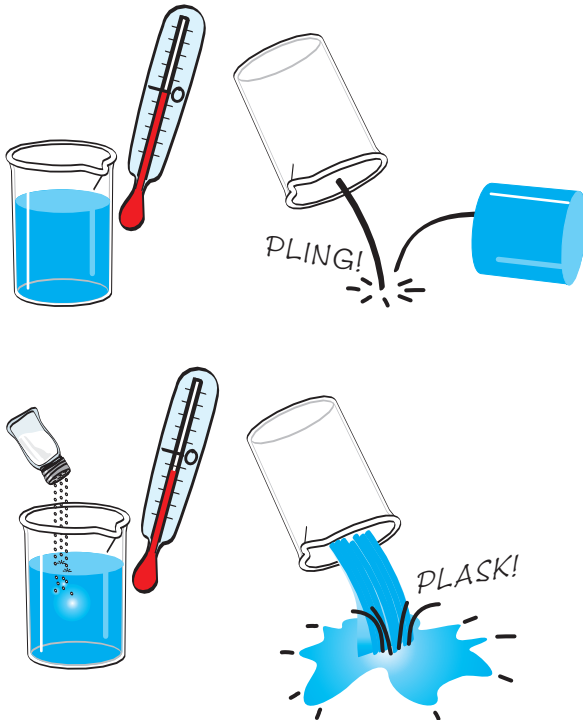
$m_{\text{opløsningsmiddel}}$ : Massen af opløsningsmidlet.

$$[m_{\text{opløsningsmiddel}}] = \text{kg}$$

## 22

### Frysepunktssænkning

Frysepunktssænkningen for en opløsning af stofferne  $A_1, A_2, \dots, A_n$  er givet ved:



$$\Delta T_f = -K_f \cdot (c_{\text{molal}}(A_1) + c_{\text{molal}}(A_2) + \dots + c_{\text{molal}}(A_n))$$

$\Delta T_f$ : Frysepunktssænkningen.

$$[\Delta T_f] = \text{K (Kelvin)}$$

$$K_f = \frac{-\Delta T_f}{c_{\text{molal}}(A_1) + c_{\text{molal}}(A_2) + \dots + c_{\text{molal}}(A_n)}$$

$K_f$ : Molale frysepunktssænkning.

$$[K_f] = \frac{\text{K} \cdot \text{kg}}{\text{mol}}$$

$$c_{\text{molal}}(A_i) = -\frac{\Delta T_f}{K_f} - c_{\text{molal}}(A_1) - c_{\text{molal}}(A_2) - \dots - c_{\text{molal}}(A_{i-1}) - c_{\text{molal}}(A_{i+1}) - \dots - c_{\text{molal}}(A_n)$$

$c_{\text{molal}}(A_i)$ : Molalitet af stoffet  $A_i$ .

$$[c_{\text{molal}}(A_i)] = \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$$

**Bemærkning:** Se **28** for tabelværdier for den molale frysepunktssænkning. Frysepunktsforhøjelsen findes ved at beregne  $-\text{frysepunktssænkningen}$ .

## 23

### Molal frysepunktssænkning

Den molale frysepunktssænkningen kan beregnes vha.:

$$K_f = \frac{R \cdot T_s^2}{L_s}$$

$$K_f: \text{ Molale frysepunktssænkning. } [K_f] = \frac{\text{K} \cdot \text{kg}}{\text{mol}}$$

$$R = \frac{K_f \cdot L_s}{T_s^2}$$

$$R: \text{ Gaskonstanten. } R \approx 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$T_s = \sqrt{\frac{K_f \cdot L_s}{R}}$$

$$T_s: \text{ Smeltepunktstemperaturen. } [T_s] = \text{K (Kelvin)}$$

$$L_s = \frac{R \cdot T_s^2}{K_f}$$

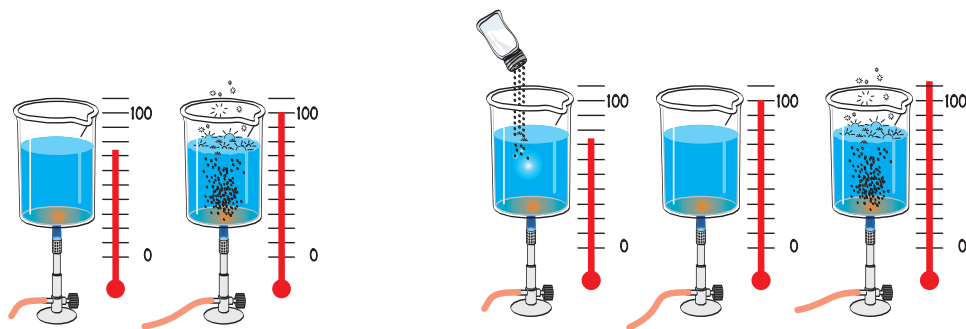
$$L_s: \text{ Specifik smeltevarme. } [L_s] = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

**Bemærkning:** Se **28** for tabelværdier for den molale frysepunktssænkning og **27** for tabelværdier for smeltepunktstemperaturen og den specifikke smeltevarme.

## 24

### Kogepunktsforhøjelse

Kogepunktsforhøjelsen for en opløsning af stofferne  $A_1, A_2, \dots, A_n$  er givet ved:



$$\Delta T_k = K_k \cdot (c_{\text{molal}}(A_1) + c_{\text{molal}}(A_2) + \dots + c_{\text{molal}}(A_n))$$

$$\Delta T_k: \text{ Kogepunktsforhøjelsen. } [\Delta T_k] = \text{K (Kelvin)}$$

$$K_k = \frac{\Delta T_k}{c_{\text{molal}}(A_1) + c_{\text{molal}}(A_2) + \dots + c_{\text{molal}}(A_n)}$$

$$K_k: \text{ Molale kogepunktsforhøjelse. } [K_k] = \frac{\text{K} \cdot \text{kg}}{\text{mol}}$$

$$c_{\text{molal}}(A_i) = \frac{\Delta T_k}{K_k} - c_{\text{molal}}(A_1) - c_{\text{molal}}(A_2) - \dots - c_{\text{molal}}(A_{i-1}) - c_{\text{molal}}(A_{i+1}) - \dots - c_{\text{molal}}(A_n)$$

$$c_{\text{molal}}(A_i): \text{ Molalitet af stoffet } A_i. \\ [c_{\text{molal}}(A_i)] = \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$$

**Bemærkning:** Se **28** for tabelværdier for den molale kogepunktsforhøjelse. Kogepunktsænkningen findes ved at beregne  $-\text{kogepunktsforhøjelsen}$ .

## 25

### Molal kogepunktsforhøjelse

Den molale kogepunktsforhøjelse kan beregnes vha.:

$$K_k = \frac{R \cdot T_k^2}{L_f} \quad K_k: \text{Molale kogepunktsforhøjelse. } [K_k] = \frac{\text{K} \cdot \text{kg}}{\text{mol}}$$

$$R = \frac{K_k \cdot L_f}{T_k^2} \quad R: \text{Gaskonstanten. } R \approx 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$T_k = \sqrt{\frac{K_k \cdot L_f}{R}} \quad T_k: \text{Kogepunktstemperaturen. } [T_k] = \text{K (Kelvin)}$$

$$L_f = \frac{R \cdot T_k^2}{K_k} \quad L_f: \text{Specifik fordampningsvarme. } [L_f] = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

*Bemærkning:* Se **28** for tabelværdier for den molale kogepunktsændring og **27** for tabelværdier for kogepunktstemperaturen og den specifikke fordampningsvarme.

## 26

### Osmotisk tryk

Det osmotiske tryk kan beregnes vha.:

$$p_{\text{osmotisk}} = R \cdot T \cdot ([A_1] + [A_2] + \dots + [A_n]) \quad p_{\text{osmotisk}}: \text{Osmotiske tryk.}$$

$$[p_{\text{osmotisk}}] = \text{bar (bar)}$$

$$R = \frac{p_{\text{osmotisk}}}{T \cdot ([A_1] + [A_2] + \dots + [A_n])} \quad R: \text{Gaskonstanten. } R \approx 0,0831 \frac{\text{L} \cdot \text{bar}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$T = \frac{p_{\text{osmotisk}}}{R \cdot ([A_1] + [A_2] + \dots + [A_n])} \quad T: \text{Temperaturen. } [T] = \text{K (Kelvin)}$$

$$[A_i] = \frac{p_{\text{osmotisk}}}{R \cdot T} - [A_1] - [A_2] - \dots - [A_{i-1}] - [A_{i+1}] - \dots - [A_n] \quad [A_i]: \text{Aktuel stofmængde-}$$

$$[A_i] = \text{M (molær)} \quad \text{koncentration af stoffet } A_i.$$

# Mængdeberegninger tabeller

27

## Egenskaber for grundstoffer

Navn: Grundstoffets navn.

Symbol: Grundstoffets forkortelse. **Rød skrift angiver radioaktive grundstoffer.**

Nr.: Atomnummeret på grundstoffet.

M: Molmassen.  $[M] = \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$\rho$ : Densiteten (massefylden).  $[\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$t_s$ : Smeltepunktstemperaturen.  $[t_s] = ^\circ\text{C}$  (grader Celsius)

$t_k$ : Kogepunktstemperaturen.  $[t_k] = ^\circ\text{C}$  (grader Celsius)

$L_s$ : Specifik smeltevarme.  $[L_s] = \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$L_f$ : Specifik fordampningsvarme.  $[L_f] = \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Navn	Symbol	Nr.	Molmasse	Densitet	Smeltepunkt	Kogepunkt	Specifik smeltevarme	Specifik fordampningsvarme
			$M$ $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$	$\rho$ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$t_s$ $^\circ\text{C}$	$t_k$ $^\circ\text{C}$	$L_s$ $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$L_f$ $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
Actinium	Ac	89	227	—	1050	3300	—	—
Aluminium	Al	13	26,98153	2698	660,32	2519	396	10778
Americium	Am	95	243	13700	1176	2607	—	—
Antimon	Sb	51	121,760	6692	630,63	1587	163	558
Argon	Ar	18	39,948	1,66	−189,3	−185,8	30	163
Arsen	As	33	74,92159	5727	817	614	—	—
Astat	At	85	210	—	302	354	—	—
Barium	Ba	56	137,327	3594	727	1870	58	1021
Berkelium	Bk	97	247	14790	986	—	—	—
Beryllium	Be	4	9,01218	1846	1287	2469	1232	33022
Bismuth	Bi	83	208,9804	9800	271,3	1564	47	1478
Bly	Pb	82	207,2	11340	327,46	1749	23	866
Bohrium	Bh	107	262	—	—	—	—	—
Bor	B	5	10,811	2466	2076	3927	2090	46975
Brom	Br	35	79,904	3120	−7,3	59	132	370

Navn	Symbol	Nr.	Molmasse	Densitet	Smeltepunkt	Kogepunkt	Specifik smeltevarme	Specifik fordampningsvarme
			$M$ g mol	$\rho$ kg m <sup>3</sup>	$t_s$ °C	$t_k$ °C	$L_s$ kJ kg	$L_f$ kJ kg
Cadmium	Cd	48	112,411	8647	321,07	767	54	888
Calcium	Ca	20	40,078	1530	842	1484	213	3859
Californium	Cf	98	251	—	900	—	—	—
Carbon	C	6	12,0107	2266	3527	4027	—	59670
Cerium	Ce	58	140,116	6711	795	3360	66	2240
Chlor	Cl	17	35,4527	2,95	−101,5	−34,04	180	576
Chrom	Cr	24	51,9961	7194	1907	2671	385	6529
Cobalt	Co	27	58,93320	8800	1495	2927	275	6334
Curium	Cm	96	247	13300	1340	3110	—	—
Cæsium	Cs	55	132,9054	1900	28,44	671	16	510
Darmstadtium	Ds	110	269	—	—	—	—	—
Dubnium	Db	105	262	—	—	—	—	—
Dysprosium	Dy	66	162,50	8531	1407	2567	—	—
Einsteinium	Es	99	254	—	860	—	—	—
Erbium	Er	68	167,259	9044	1497	2868	102	1751
Europium	Eu	63	151,964	5248	826	1527	69	1156
Fermium	Fm	100	257	—	1527	—	—	—
Fluor	F	9	18,9984	1,58	−219,62	−188,12	268	344
Francium	Fr	87	223	—	27	680	—	—
Gadolinium	Gd	64	157,25	7870	1312	3250	98	1982
Gallium	Ga	31	69,723	5905	29,76	2204	80	3673
Germanium	Ge	32	72,61	5323	938,3	2820	438	4605
Guld	Au	79	196,9665	19281	1064,18	2856	63	1647
Hafnium	Hf	72	178,49	13276	2233	4876	122	3704
Hassium	Hs	108	265	—	—	—	—	—
Helium	He	2	4,0026	0,17	−272,2	−268,93	5	20
Holmium	Ho	67	164,9303	8797	1461	2720	104	1522
Hydrogen	H	1	1,00794	0,084	−259,14	−252,87	109	893
Indium	In	49	114,818	7290	156,6	2072	28	1971
Iod	I	53	126,9045	4953	113,7	184,3	123	330
Iridium	Ir	77	192,217	22500	2466	4428	137	2932
Jern	Fe	26	55,845	7873	1538	2861	247	6258
Kalium	K	19	39,0983	862	63,38	759	60	1967
Kobber	Cu	29	63,546	8933	1084,62	2927	208	4729
Krypton	Kr	36	83,80	3,43	−157,36	−153,22	20	108
Kviksølv	Hg	80	200,59	13546	−38,83	356,73	11	295

## 27 – 27

### Mængdeberegninger

Navn	Symbol	Nr.	Molmasse	Densitet	Smeltepunkt	Kogepunkt	Specifik smeltevarme	Specifik fordampningsvarme
			$M$ g mol	$\rho$ kg m <sup>3</sup>	$t_s$ °C	$t_k$ °C	$L_s$ kJ kg	$L_f$ kJ kg
Lanthan	La	57	138,9055	6174	920	3470	81	2877
Lawrencium	Lr	103	262	—	1627	—	—	—
Lithium	Li	3	6,941	533	180,54	1342	432	21193
Lutetium	Lu	71	174,967	9842	1652	3402	—	—
Magnesium	Mg	12	24,3050	1738	650	1090	368	5250
Mangan	Mn	25	54,93805	7473	1246	2061	266	4000
Meitnerium	Mt	109	266	—	—	—	—	—
Mendelevium	Md	101	258	—	827	—	—	—
Molybdæn	Mo	42	95,94	10222	2623	4639	375	6154
Natrium	Na	11	22,98977	966	97,72	883	113	4236
Neodym	Nd	60	144,24	7000	1024	3100	75	1967
Neon	Ne	10	20,1797	0,84	−248,59	−246,08	17	88
Neptunium	Np	93	237	20450	637	4000	—	—
Nikkel	Ni	28	58,6934	8907	1455	2913	293	6432
Niobium	Nb	41	92,90638	8578	2477	4744	290	7428
Nitrogen	N	7	14,00674	1,17	−210,1	−195,79	51	399
Nobelium	No	102	259	—	827	—	—	—
Osmium	Os	76	190,23	22580	3033	5012	154	3300
Oxygen	O	8	15,9994	1,33	−218,3	−182,9	28	426
Palladium	Pd	46	106,42	11995	1554,9	2963	157	3696
Phosphor	P	15	30,97376	1820	44,2	277	20	400
Platin	Pt	78	195,078	21450	1768,3	3825	101	2616
Plutonium	Pu	94	244	19800	639,4	3230	—	—
Polonium	Po	84	209	9400	254	962	—	—
Praseodym	Pr	59	140,9077	6779	935	3290	71	2361
Promethium	Pm	61	146,9151	7220	1100	3000	—	—
Protactinium	Pa	91	231	15400	1568	4120	—	—
Radium	Ra	88	226,0254	5000	700	1737	37	605
Radon	Rn	86	222	9,23	−71	−61,7	—	—
Rhenium	Re	75	186,207	21020	3186	5596	177	3797
Rhodium	Rh	45	102,9055	12420	1964	3695	248	4814
Roentgenium	Rg	111	272	—	—	—	—	—
Rubidium	Rb	37	85,4678	1533	39,31	688	27	810
Ruthenium	Ru	44	101,07	12360	2334	4150	252	5618
Rutherfordium	Rf	104	261	—	—	—	—	—
Samarium	Sm	62	150,36	7536	1072	1803	74	1274